



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 101 13 880.6
22 Anmeldetag: 21. 3. 2001
43 Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 101 13 880 A 1

71 Anmelder:
T-Mobile Deutschland GmbH, 53227 Bonn, DE

74 Vertreter:
Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131
Lindau

61 Zusatz in: 102 31 285.0

72 Erfinder:
Mossakowski, Gerd, 59227 Ahlen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Komprimierung und Dekomprimierung von Videodaten

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Komprimierung und Dekomprimierung von Videodaten, die aus einem Array einzelner Bildpunkte (Pixel) bestehen, wobei jedes Pixel einen sich zeitlich verändernden Pixelwert aufweist, der Farb- oder Helligkeitsinformation des Pixels beschreibt. Erfindungsgemäß wird jedem Pixel eine Priorität zugeordnet und die Pixel entsprechend ihrer Priorisierung in einem Prioritätenarray abgelegt. Dieses Array enthält zu jedem Zeitpunkt die nach der Priorisierung sortierten Pixelwerte. Entsprechend der Priorisierung werden diese Pixel und die für die Berechnung der Priorisierung benutzten Pixelwerte übertragen bzw. abgespeichert. Ein Pixel bekommt eine hohe Priorität, wenn die Unterschiede zu seinem benachbarten Pixel sehr groß sind. Zur Rekonstruktion werden die jeweils aktuellen Pixelwerte auf dem Display dargestellt. Die noch nicht übertragenden Pixel werden aus den schon übertragenden Pixeln berechnet.

DE 101 13 880 A 1

BEST AVAILABLE COPY

[0001] Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Komprimierung und Dekomprimierung von Videodaten

[0002] Videos erzeugen große Datenmengen. Um diese Datenmengen effektiv zu übertragen und abzuspeichern, ist es sinnvoll diese zu komprimieren.

[0003] Nach der heutigen Stand der Technik werden Videosignale in einer schnellen Abfolge von Einzelbildern aufgenommen und wiedergegeben. Beim Fernsehen (PAL-Norm) sind dies 25 Bilder pro Sekunde, bzw. 50 Halbbilder. Bei digitalen Aufnahmen sind das bis ca. 30 Bilder pro Sekunden. Jedes Bild wird in Zeilen zerlegt, und zunächst sequentiell übertragen.

[0004] Bisherige Komprimierungsmethoden basieren im wesentlichen auf der Reduzierung der Auflösung, der Farbtiefe und der Verringerung der Anzahl der Bilder pro Sekunde. Bei der digitalen Kompression, z. B. den MPEG-Verfahren, werden anstelle von kompletten Bildern im wesentlichen die Differenzbilder, d. h. die Unterschiede der einzelnen Bildpunkte (Pixel) im Vergleich zum vorherigen Bild, anstelle der Komplettbilder übertragen. Der neueste Standart für Videokodierung ist MPEG4.

[0005] MPEG ist die Abkürzung für "Motion Pictures Expert Group". Von dieser Gruppe wurden bzw. werden Dateiformate und Verfahren zum platzsparenden Komprimieren und Speichern von Video- bzw. Multimediadaten (Video, Bild- und Tondaten) in hoher Qualität festlegt. Der MPEG-Standard unterteilt sich inzwischen in MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3 und MPEG-4, wobei der MPEG-3-Standard mittlerweile in MPEG-2 integriert wurde.

[0006] Um die riesige Datenmenge von Filmen mit "normalen" Computern verarbeiten und transportieren zu können, werden nur die Veränderungen zum Vorgängerbild abgespeichert. Das MPEG-Format speichert in regelmäßigen Abständen von typischerweise zwölf Bildern sogenannte Intra-Frames ab; das sind JPEG-komprimierte Einzelbilder. Die Bilder zwischen diesen I-Frames werden nach Möglichkeit nicht komplett abgelegt. Vielmehr speichert MPEG, wie man sie durch Verschieben von Teilen aus vorangehenden oder nachfolgenden Bildern zurückgewinnen kann. Dazu werden auch vorausschauende "Predicted Frames" und "B-Frames" (Bi-directionale Frames) verwendet. Da das aber nie perfekt klappt, werden zusätzlich pro Bild die verbleibende Abweichung noch JPEG-kodiert abgespeichert. Mit dieser Methode lässt sich der Datenaufwand für einen Video-Film um etwa 99% verringern. Die mögliche Kompression geht bis 200 : 1.

[0007] MPEG-1 wurde für flüssige Video-Wiedergaben entworfen. Die MPEG-1-Komprimierung bzw. Dekomprimierung war ursprünglich ein hardwareabhängiges Verfahren. Es ist allerdings mittlerweile, dank der schnellen Prozessoren, auch ein Softwaredekomprimieren möglich.

[0008] Der wesentliche Unterschied zwischen MPEG-1 und MPEG-2 besteht darin, daß MPEG-2 besser mit dem beim Fernsehen eingesetzten Zeilensprungverfahren (Interlace) umgehen kann. Das Geheimnis von MPEG-2 liegt in der Kompression auf höchster Qualitätsstufe, so daß Filmmaterial nahezu 1 zu 1 in Studioqualität bearbeitet und editiert werden kann. Konsequenterweise etablierte sich MPEG-2 zu einem Standard. Bei einer reinen I-Framecodierung lässt sich MPEG-2 sogar im Schnittbetrieb einsetzen.

[0009] Der Teil des MPEG-3-Standard, der für High Definition TV-Qualität (HDTV) vorgesehen war, wurde mittlerweile in den MPEG-2-Standard implementiert.

[0010] MPEG-4 ist eine Weiterentwicklung des MPEG-2-Formats und befindet sich seit 1996 in der Entwicklung. Obwohl MPEG-4 ursprünglich als ein Codierungsstandard für audiovisuelle Daten mit sehr niedriger Bitrate gedacht war, diente die Entwicklung weit mehr Zwecken als lediglich dem Streaming von linearen Mediendaten bei Internet- und drahtlosen Anwendungen. MPEG-4 stellt z. B. effiziente Mechanismen zur Komprimierung und Distribution interaktiver Medieninhalte bereit. Außerdem verfügt MPEG-4 über 3D-Potentiale, um künstliche Intelligenzen zu visualisieren oder Avatare darzustellen, z. B. im Rahmen von Videokonferenzen.

[0011] Die Kompressionsrate ist bei MPEG-4 höher als bei MPEG-2, wobei "Sprites" besser komprimiert werden können, weil dem Codier-Mechanismus dafür wesentlich mehr Zeit zur Verfügung steht. Eventuell kann dabei sogar auf Wavelets umgeschaltet werden. Die Skriptsprache ermöglicht es, in wenigen Bytes Operationen wie "verschieben" wesentlich schneller durchzuführen, als es die digitalisierte komprimierte Form der gleichen Operation ermöglichen würde. Mit Hilfe dieser "Sprites" können beliebig konturierte Standbilder über sich bewegende Bilder geschoben werden.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung eines Verfahrens zur Komprimierung von Videodaten, welches eine einfache und flexible Anpassung an unterschiedliche Übertragungsraten bzw. -bandbreite, Bildauflösungen und Displaygrößen erlaubt.

[0013] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0014] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] Vorzugsweise erfolgt eine parallele Verarbeitung der Videoinformationen im Videoaufnahmechip. Die parallele Verarbeitung dient dem Zweck, zunächst die wichtigsten Pixel zu ermitteln und diese entsprechend einer Priorisierung in ein Prioritätenarray abzulegen. Dieses Array enthält zu jedem Zeitpunkt, die nach der Priorisierung sortierten Pixelwerte. Entsprechend der Priorisierung werden diese Pixel, und die für die Berechnung der Priorisierung benutzten Pixelwerte, übertragen bzw. abgespeichert. Ein Pixel bekommt eine hohe Priorität, wenn die Unterschiede zu seinen benachbarten Pixel sehr groß sind.

[0016] Zur Rekonstruktion werden die jeweils aktuellen Pixelwerte auf dem Display dargestellt. Die noch nicht übertragenden Pixel werden aus den schon übertragenden Pixel berechnet.

[0017] Entsprechend der Rechenleistung, der Übertragungsbandbreite und der Größe des Displays können unterschiedliche Verfahren zur Berechnung der noch nicht übertragenen Pixel eingesetzt werden. Steht eine sehr große Bandbreite zur Verfügung kann eine einfache lineare Interpolation durchgeführt werden. Steht nur eine sehr kleine Bandbreite zur Verfügung, kann dies bei der Übertragung der priorisierten Pixel berücksichtigt werden.

[0018] Durch den Historienverlauf der übertragenden Pixel können Objekte identifiziert, und damit eine Bewegungsabschätzung dieser Objekte durchgeführt werden.

[0019] Der Grundgedanke des Verfahrens basiert auf der priorisierten Pixelspeicherung bzw. Übertragung. Bei der Abspeicherung bzw. der Videoübertragung müssen ferner die zeitlichen und positionellen (innerhalb des Bildarrays) Ab-

hängigkeiten der einzelnen Pixel oder in Pixelgruppen zusammengefassten Pixel berücksichtigt werden.

[0020] Um eine extreme hohe Datenkompression zu erzielen werden jeweils die Pixelgruppen übertragen, die die höchste Priorität haben, die bisher noch nicht übertragen worden sind. Die Flächen, d. h. die Pixelwerte zwischen den schon übertragenden Pixelgruppen werden aus den schon übertragenden Pixelgruppen berechnet, z. B. durch Interpolation. Bei höherer Auflösung (größeres Bildarray) steigt der erreichbare Kompressionsfaktor, da bei natürlichen Aufnahmen größere Flächen meist einen gut vorhersagbaren (gleichmäßigen) Farbverlauf haben, z. B. blauer Himmel.

[0021] Zu beachten ist auch, dass jeweils die exakten Pixelwerte übertragen werden. Falls erforderlich erlaubt dies Verfahren eine verlustfreie Übertragung der Videoinformationen.

[0022] Die Wiederherstellung bzw. Rekonstruktion der Videodaten beruht auf Abschätzungen ähnlich des menschlichen Sehverhaltens. Der Mensch nimmt Reize wahr, aber die Interpretation was er auf diesem Bild erkennt, findet erst in seinem Gehirn statt. Die Reize entsprechen den übertragenen Pixelgruppen, die Interpretation entspricht dem Ausfüllen der Flächen zwischen den noch nicht übertragenen Pixelgruppen.

[0023] Um dieses zu realisieren, können zusätzliche Arrays angelegt werden. Dies sind unter anderem ein Array in welchem die Information vorhanden ist, aus welchen Pixelgruppen der Pixelwert an der aktuellen Position ermittelt wurde. Weitere Informationen können sein, wann diese Werte berechnet worden sind, aus welchen Pixelgruppen diese berechnet bzw. übertragen worden sind. Auch eine Einschätzung über die Genauigkeit der Werte (z. B. Berechnung aus direkt benachbarten Pixel, geringe Varianz der zur Berechnung zugrunde liegenden Pixel) kann als zusätzliche Information ausgewertet werden.

[0024] Das beschriebene Verfahren erlaubt eine wesentlich einfachere Anpassung des Videodatenstroms an unterschiedliche Displaygrößen und Bildauflösungen.

[0025] Ein weitere Vorteil ist, dass durch die beschriebene Art der Kodierung des Videos nicht automatisch festgelegt wird, mit welchen Algorithmen das Video dekodiert werden muss. Dies wird durch Übertragung der priorisierten Pixelwerte erreicht, die entgegen bei anderen Verfahren keine Mittelwertbildung erfahren. Hersteller haben damit die Möglichkeit Low bis High Cost Endgeräte zu entwickeln und sich durch unterschiedliche Algorithmen vom Mitkonkurrenten hervorzuheben.

[0026] Die angestrebte massiv-parallele Verarbeitung der Videodaten in einem speziell dafür entwickelten Chip erlaubt es, extrem niedrigen Taktraten zu verwenden, was sich günstig auf den Stromverbrauch auswirkt.

[0027] Durch Priorisierung können bestimmte Bereiche des Videos (z. B. Lippen bei Nachrichtensprechern) mit einer höheren Priorität und folglich einer besseren Auflösung übertragen werden.

[0028] Das Verfahren erlaubt es, aus dem Datenstrom des Videos für unterschiedliche Endgeräte die optimalen Teildatenströme herauszufiltern, ohne dass dies bei der Videoaufnahme berücksichtigt werden muss.

[0029] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnungsfiguren näher erläutert. Aus den Zeichnungen und deren Beschreibung ergeben sich weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung. Es zeigt:

[0030] Fig. 1 Darstellung eines Bildarrays aus 20×21 Pixeln;

[0031] Fig. 2 Darstellung verschiedener Formen von Pixelgruppen;

[0032] Fig. 3 Bildarray mit bewegtem Objekt zu einem Zeitpunkt t_1 ;

[0033] Fig. 4 Bildarray mit bewegtem Objekt zu einem Zeitpunkt t_2 ;

[0034] Fig. 5 Bildarray mit bewegtem Objekt zu einem Zeitpunkt t_3 ;

[0035] Fig. 6 Neu generiertes Bildarray mit eingefügten Pixelgruppen in der Bildecke;

[0036] Fig. 7 Ausfüllen der Flächen zwischen den bereits eingefügten Pixelgruppen;

[0037] Fig. 8 Einfügen weitere Pixelgruppen und Ausfüllen der dazwischenliegenden Flächen.

[0038] Nachfolgend wird anhand eines exemplarischen Beispiels eine Komprimierung und Dekomprimierung eines Videosignals beschrieben.

[0039] Folgende Annahmen werden getroffen:

Als Videoquelle steht ein derzeit übliches Videosignal zur Verfügung (z. B. PAL oder NTSC). Die Videoinformation kann mit einer handelsüblichen elektronischen Einrichtung (z. B. Framegrabber-Karte) ausgelesen werden. Zur Veranschaulichung des Verfahrens wird im folgenden ein minimiertes Bildarray mit einer Breite von 20 Pixel und einer Höhe von 21 Pixel verwendet (Fig. 1). Jedes Pixel des Arrays wird durch einen 32 Bit Wert (Pixelwert) repräsentiert. Die 32 Bit sind z. B. in 4 Werte (Transparent, Rot, Grün, Blau) mit jeweils 8 Bit aufgeteilt. Die Position der Pixel ist durch eine Integer Zahl festgelegt. Das Bildarray wird in der in Fig. 1 gezeigten Weise von 0 bis 419 durchgezählt. Die Zahl innerhalb jedes Kastens entspricht der Position des zugehörigen Pixels. Zwischen der Quelle und Senke besteht eine UDP (User Datagram Protocol) Verbindung. Über diese werden dann die komprimierten Videodaten geschickt.

[0040] Die Komprimierung des Videosignals erfolgt folgendermaßen:

Das Verfahren beruht darauf, dass ständig eine Priorisierung der einzelnen Pixel des Videosignals erfolgt, wobei die Pixel entsprechend ihrer Priorisierung in ein Array abgelegt werden. Dieses Array enthält zu jedem Zeitpunkt, die aktuellen, nach Priorität sortierten Pixelwerte. Ein Pixel bekommt eine hohe Priorität, wenn die Unterschiede zu seinen benachbarten Pixel sehr groß sind. Das Pixel wird zusammen mit seinen für die Berechnung verwendeten Nachbarn zu einer Pixelgruppe zusammengefasst. Entsprechend der Priorisierung werden diese Pixelgruppen übertragen bzw. abgespeichert.

Bildarray einlesen

[0041] Der Framegrabber hat zu jedem Zeitpunkt das jeweils aktuelle Bild in seinem Bildarray das wie in Fig. 1 gezeigt beispielsweise ein 20×21 Pixel großes Bildarray sein kann. Jedes Pixel ist durch seine Position (0 bis 419) und seinen Pixelwert (Farb- bzw. Helligkeitswert) definiert.

Pixelgruppen festlegen

[0042] Zuvor wurde festgelegt, welche benachbarten Pixel eine Pixelgruppe bilden. Mit p_0 ist dabei dasjenige Pixel bezeichnet, das die Position der Pixelgruppe angibt und für das die Priorität berechnet wird. Die relative Position der übrigen Pixel, z. B. p_1 – p_4 , einer Pixelgruppe zum Bezugspixel p_0 ergibt sich aus der verwendeten Art (Form) der Pixelgruppe. In Fig. 2 sind exemplarisch einige mögliche Formen von Pixelgruppen dargestellt. Es können sowohl zum Bezugspixel p_0 symmetrische als auch unsymmetrische Pixelgruppen gebildet werden. Welche Art von Pixelgruppe verwendet wird, ist u. a. von der Art des Bildmaterials und der angestrebten Kompressionsrate abhängig. In der Regel ist der zu erreichende Kompressionsfaktor umso größer, je mehr Pixel eine Pixelgruppe umfasst. Zum kodieren und dekodieren, d. h. komprimieren und dekomprimieren des Videobildes muss die gleiche Form von Pixelgruppen verwendet werden.

Prioritätswerte ermitteln

[0043] Für jedes Pixel p_0 einer Pixelgruppe wird nun die Priorität in Bezug auf dessen Pixelgruppe berechnet. Dabei wird jedes Pixel 0–419 des Bildes einmal zum Bezugspixel p_0 . Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Berechnung der Prioritätswerte der Pixel soweit wie möglich im Rahmen einer parallelen Datenverarbeitung durchgeführt wird. Optimal ist, wenn die Berechnung der Prioritäten aller Pixel des Bildes gleichzeitig erfolgt. Da es sich um ein Videosignal handelt, werden die Prioritätswerte aller Pixel ständig neu berechnet, da sich der Bildinhalt laufend ändert. Die Vielzahl der Pixelgruppen, insbesondere die mit niedrigerer Priorisierung, werden sich aber mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nicht ändern.

[0044] Zur Berechnung der Priorität kann es verschiedene Rechenmethoden geben. Exemplarisch wird hier eine lineare Methode verwendet.

[0045] Dazu werden die einzelnen Pixelwerte P_0 , P_1 , P_2 , P_3 und P_4 einer Pixelgruppe in ihre Farbanteile Rot, Grün und Blau zerlegt. Jeder dieser Farbanteile wird durch 8 Bit repräsentiert. Für jede Farbe eines jeden Pixels P_1 – P_4 wird nun ein Farbdifferenzwert in Bezug auf P_0 ermittelt, z. B. $P_0_{\text{rot}} - P_1_{\text{rot}}$, $P_0_{\text{rot}} - P_2_{\text{rot}}$, . . . , $P_0_{\text{blau}} - P_4_{\text{blau}}$. Die absoluten Farbdifferenzwerte werden addiert und durch die Anzahl der Farben und Anzahl der betrachteten Pixel geteilt. Das Ergebnis ist ein Prioritätswert für die betrachtete Pixelgruppe. Dieser Prioritätswert ist umso höher, je unterschiedlicher die Farbanteile der einzelnen Pixel der Pixelgruppe sind.

[0046] Weitere Methoden zur Ermittlung des Prioritätswertes sind die Benutzung von Grauwerten oder der Maximalwert einer Farbdifferenz einer Farbe. Da der Prioritätswert später selbst nicht übertragen, bzw. abgespeichert wird, hat das Verfahren zur Ermittlung des Prioritätswertes keinen direkten Einfluss auf die Dekodierung.

[0047] Durch diese Priorisierung wird erreicht, dass Bildbereiche, die einen großen Farb- oder Kontrastwechsel aufweisen, wie z. B. Kanten, eine hohe Priorität erhalten, und relativ gleichbleibende Bildinhalte, wie z. B. blauer Himmel, eine niedrige.

Prioritätswerte sortieren

[0048] In diesem Schritt werden die Prioritätswerte der Größe nach absteigend sortiert. Die Sortierung erfolgt nach Ermittlung jedes neuen Prioritätswertes. Für jeden Zeitpunkt besitzt man somit eine nach Prioritäten geordnete Liste von Pixelgruppen die absteigend sortiert ist. Es ist anzustreben, dass entsprechende Bildaufnehmer (CCD-Chips) entwickelt werden, welche unmittelbar eine solche nach Prioritäten geordnete Liste bereitstellen. Wird das zu komprimierende Bild direkt mit einer CCD Kamera oder einem Scanner aufgenommen, besteht prinzipiell die Möglichkeit, aus dem in der Kamera/dem Scanner vorhandenen, bildbearbeitenden Mikrochip direkt ein nach Prioritäten sortiertes Array zu erhalten. Somit wird beim komprimieren ein wesentlicher Teil des Rechenaufwandes eingespart.

Aktualisieren der Prioritätswerte

[0049] Im Gegensatz zu Standbildern (z. B. Fotografien) ergibt sich bei Videoinformationen eine ständig wechselnde Prioritätsänderung der Pixelgruppen, z. B. bei Kameraschwenk oder bewegten Objekten. Um dies zu verdeutlichen ist in den Fig. 3 bis 5 ein Videobildarray zu verschiedenen Zeitpunkten t_1 bis t_3 dargestellt, wobei sich ein Objekt von rechts nach links verschiebt.

[0050] Gemäß Fig. 2 enthält das Bild zum Zeitpunkt t_1 ein Objekt, das die Pixel 156, 157, 176, 177, 191–197, 211–217, 231–237, 256, 257, 276, 277 ausfüllt. Für die Berechnung der Prioritäten der Pixel (0–419) des Bildes wird die in Fig. 2 dick umrandete Form der Pixelgruppe (links unten) verwendet. Es ergibt sich eine Prioritätsverteilung der Pixel, wie sie in der weiteren Beschreibung des Verfahrens beispielhaft in Tabelle 1 zum Zeitpunkt t_1 dargestellt ist. Die Tabelle enthält jeweils nur die Nummer des Bezugspixels (p_0) einer Pixelgruppe. Diejenigen Pixelgruppen, die sich im Randbereich des Objektes befinden und bei denen das jeweilige Bezugspixel (p_0) den größten Unterschied zu den übrigen Pixeln der Pixelgruppe aufweist, bekommen die höchste Priorität A. Die Pixelgruppen, deren Bezugspixel einen geringeren Unterschied zu den übrigen Pixeln der Pixelgruppe aufweisen bekommen eine mittlere Priorität B und diejenigen Pixelgruppen, deren Bezugspixel gar keinen Unterschied zu den übrigen Pixeln der Pixelgruppe aufweisen die niedrigste Priorität C.

	Priorität A	Priorität B	Priorität C	
Zeitpunkt t1	175,255,231,191, 156,157,277,276	177,197,217,237,217, 176,256,211,192, ...	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12,13,14,15, ...	5
Zeitpunkt t2	189,173,154,155, 274,275,253,229	175,195,215,235,255, 190,191,192,193, ...	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12,13,14,15, ...	10
Zeitpunkt t3	187,171,227,251, 152,153,272,273	173,193,213,233,253, 188,189,190,191, ...	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12,13,14,15, ...	15
...	

[0051] Im Rahmen der Komprimierung werden nun zunächst die mit Priorität A versehenen Pixelgruppen übertragen bzw. abgespeichert, dann die Pixelgruppen mit Priorität B und schließlich die Pixelgruppen mit der Priorität C. Da sich das Objekt zwischenzeitlich bewegt und in Bezug zu Fig. 3 in den Fig. 4 und 5 eine andere Position einnimmt, ändern sich die Prioritäten der einzelnen Pixelgruppen. Die Prioritätenliste wird aktualisiert und es wird sofort mit der Übertragung der aktuellen Pixelgruppen mit der höchsten Priorität fortgefahren.

[0052] Die neu berechneten Prioritäten der Pixelgruppen für die Zeitpunkte t2 (Fig. 4) und t3 (Fig. 5) sind in Tabelle 1 dargestellt.

[0053] Somit könnte eine mögliche komprimierte Übertragung eines Videosignals gemäß Tabelle 1 folgendermaßen aussehen:

Zeitpunkt t1: Pixelgruppen mit der höchsten Priorität A werden übertragen:

175, 255, 231, 191, 156, 157, 277, 276, 177, 197, 217

Zum Zeitpunkt t2 werden neue Prioritäten erkannt. Andere Pixelgruppen erhalten höchste Priorität A. Es wird mit der Übertragung der neuen Priorität A fortgefahren:

189, 173, 154, 155, 274, 275, 253, 229

Danach folgt die Übertragung der Pixelgruppen mit Priorität B:

175, 195, 215, 235, 255, 190, 191, 192, 193, ...

Zum Zeitpunkt t3 werden wieder neue Prioritäten erkannt. Andere Pixelgruppen erhalten höchste Priorität A. Es wird mit der Übertragung der neuen Priorität A fortgefahren:

187, 171, 227, 251, 152, 153, 272, 273

[0054] In einem zusätzlichen Array wird überprüft, welche Pixelgruppen bereits übertragen worden sind. Wurde eine Pixelgruppe schon übertragen, braucht Sie nicht ein 2tes mal übertragen werden, sofern sich ihre Priorität nicht zwischenzeitlich geändert hat. Bestimmte Bildregionen, z. B. Gesichter, können erkannt und bevorzugt übertragen werden. Zusätzlich können von dem Empfänger auch bestimmte Pixelgruppen angefordert werden (z. B. bei Erkennung von Übertragungsfehlern durch fehlerhaften CRC Check). Derart angeforderte Pixelgruppen können dann eine hohe Priorität erhalten, so dass Sie sofort Übertragen wird.

Pixelgruppen abspeichern/übertragen

[0055] Die Begriffe "abspeichern" und "übertragen" werden nachfolgend synonym verwendet. Zunächst werden einige Kenngrößen des Videobildes abgespeichert bzw. übertragen. Exemplarisch aufgeführt sind das z. B.:

- Bildbreite (in Pixel)
- Bildhöhe (in Pixel)
- Verwendete Form der Pixelgruppe (nicht notwendig wenn nur eine Form standardisiert ist)

[0056] Anschließend werden die einzelnen Pixelgruppen entsprechend ihrer Priorität abgespeichert bzw. übertragen, d. h. Pixelgruppen mit hoher Priorität werden zuerst gespeichert (und später auch zuerst ausgelesen).

[0057] Dazu wird zunächst der Positionswert des Bezugspixels p0 der Pixelgruppe abgespeichert. Anschließend werden die Pixelwerte P0, P1, P2, P3, P4 abgespeichert.

Beispiel

[0058] Positionswert P0, Pixelwerte P0, P1, P2, P3, P4; nächster Positionswert P0 (mit gleicher oder niedrigerer Priorität), Pixelwerte P0, P1, P2, P3, P4, ... , nächster Positionswert P0 (mit geringster Priorität), Pixelwerte P0, P1, P2, P3, P4.

[0059] Das Abspeichern kann durch verschiedene Methoden, die hier nur exemplarisch angesprochen werden, optimiert werden.

[0060] Es kann eine Lauflängencodierung der Pixelgruppen vorgenommen werden. Z. B. wenn in einem Bildbereich keine Rotanteile vorkommen, kann dies anstelle von 8 Bit (rot) nur mit z. B. 2 Bit übertragen werden, oder es kann die Anzahl der führenden Nullen ausgenutzt werden.

[0061] Ferner können allgemein übliche Komprimierungsmethoden, z. B. Zip-Format, verwendet werden.

[0062] Durch Festlegung eines Grenzwertes für die Priorisierung kann eine bestimmte Qualität gewährleistet werden. Z. B. kann ein Grenzwert für die Pixeldifferenzwerte festgelegt werden unterhalb dessen die zugeordnete Pixelgruppe immer den niedrigsten Positionswert bekommt.

[0063] Werden zunächst 4 Pixelgruppen der Eckpunkte übertragen, bekommen sie mit wenigen Pixelgruppen eine größtmögliche Fläche berechnet.

Rekonstruktion (Dekomprimierung) der Videodaten

Neues Bildarray generieren

[0064] Bei der Rekonstruktion der komprimierten Videodaten wird zunächst ein Bildarray vergleichbar mit der Darstellung in Fig. 1 erzeugt. Dazu werden die Kenndaten des Bildes eingelesen und ausgewertet. Exemplarisch sind dies Bildbreite, Bildhöhe und Form der zur Komprimierung verwendeten Pixelgruppe. Stimmen die Bildhöhe und Bildbreite zwischen dem Ursprungsbild und der nun gewünschten Darstellung (z. B. begrenztes PDA Display oder hochauflösender Bildschirm) nicht überein, muss entsprechend skaliert werden. Dazu werden zunächst Umrechnungsfaktoren ermittelt ($\text{Bildbreite_Original}/\text{Bildbreite_Display}$ und $\text{Bildhöhe_Original}/\text{Bildhöhe_Display}$). Diese Faktoren können benutzt werden um den Positionswert von dem Originalbild in den Positionswert des neuen Displays umzurechnen.

Pixelgruppen einfügen

[0065] Wie in Fig. 6 dargestellt ist, werden entsprechend der Reihenfolge der priorisierten Pixelgruppen diese nun eingelesen. Beispielsweise werden die ersten vier Pixelgruppen mit der höchsten Priorität in das Bildarray eingetragen. In Fig. 6 sind dies die Pixelgruppen an den Ecken des Bildes. Die Position des Bezugspixels p_0 der jeweiligen Pixelgruppe ist durch die schwarz unterlegten Felder 21, 38, 381 bzw. 398 bestimmt. Dieser Positionswert (p_0) liegt als Integerwert in der abgespeicherten Datei vor. Anschließend können die zur jeweiligen Pixelgruppe gehörenden, dunkelgrau grau unterlegten Pixelwerte (p_1 – p_4) in das neue Bildarray eingetragen werden. Die dazwischen liegenden, hellgrau markierten Pixelwerte lassen sich dann aus den dunkelgrau und schwarz markierten Feldern berechnen. Zur Berechnung werden zunächst die bekannten Pixelwerte in ihre Bestandteile Rot, Grün und Blau zerlegt.

[0066] Anschließend wird der Mittelwert jeder Farbe berechnet, z. B. $\text{Pixel}(22) = (\text{Pixel}(2) + \text{Pixel}(21) + \text{Pixel}(42))/3$.

Flächen ausfüllen

[0067] Nun werden die bereits vorhandenen Pixelgruppen durch Linien miteinander verbunden. Dies ist in Fig. 7 dargestellt. Es ergeben sich Dreiecke, dessen Ecken durch die entsprechenden Pixelgruppen definiert sind. Exemplarisch soll dies an der Linie zwischen Pixelposition 2 und Pixelposition 17 verdeutlicht werden. Der Farbverlauf der Linie wird anhand der Farbwerte der Pixel 2 und 17 berechnet. Zunächst wird die Anzahl der Pixel zwischen diesen beiden Positionen ermittelt, im Beispiel 14. Anschließend wird für jede Farbe (Rot, Grün, Blau) die Farbdifferenz ermittelt, z. B. Farbwert an Position 2 = 2; Farbwert an Position 17 = 30 ergibt Farbdifferenz von 28. Eine Farbwertsteigerung pro Pixel – vom Pixel 2 zum Pixel 17 – errechnet sich dann aus $\text{Farbdifferenz}/\text{Anzahl}$ (Im Beispiel $28/14 = 2$).

[0068] Die noch übrigen Flächen werden durch Zeichnen von horizontalen Linien ausgefüllt, z. B. von Position 63 nach Position 74, von Position 82 nach Position 93, usw. Auch hier wird ein vorläufiger Farbverlauf zwischen den Punkten wie oben angegeben berechnet.

[0069] Wie Fig. 8 zeigt, ergibt jede weitere hinzugefügte Pixelgruppe weitere Dreiecke die entsprechend ausgefüllt werden können. Nachdem zunächst die gesamte Fläche durch Nutzung der 4 Eckpunkte (21, 38, 398, 381) ausgefüllt wurde, kann nun mit jeder weiteren Pixelgruppe die Auflösung verfeinert werden. Das Hinzufügen der Pixelgruppe 87 führt zu 4 Dreiecken mit den Bezugspunkten (21, 38, 87), (21, 87, 381), (381, 87, 398), (398, 87, 381). Wird nun innerhalb eines solchen Dreieckes, z. B. 87, 381, 398, eine weitere Pixelgruppe (247) eingefügt entstehen 3 neue Dreiecke (247, 381, 398), (247, 87, 381) und (247, 87, 398). Jede neue Pixelgruppe erzeugt somit 3 neue Dreiecke, die ausgefüllt werden können. Je mehr Pixelgruppen eingefügt sind, d. h. je mehr Dreiecke gebildet werden, desto näher kommt der berechnete Farbverlauf dem tatsächlichen Farbverlauf des Bildes. Da ab nun immer nur neue Dreiecke entstehen, können für die Berechnungen optimierte Verfahren verwendet werden. Ferner können die jeweils 3 neu entstehenden Dreiecke parallel berechnet werden, um die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu steigern.

[0070] Zusätzliche Möglichkeit der Parallelisierung entsteht dadurch, wenn neue Pixelgruppen in unterschiedlichen Regionen des Bildes hinzugefügt werden.

[0071] Bei den oben beschriebenen Verfahrensschritten wurde vorausgesetzt, dass sich der Bildinhalt zwischenzeitlich nicht geändert hat. Ändert sich der Bildinhalt, dann werden die Prioritäten der einzelnen Pixelgruppen neu verteilt und die aktuellen Pixelgruppen mit der höchsten Priorität übertragen. Es ändert sich nur die Reihenfolge der gerade übertragenen und in das Bild eingefügten Pixelgruppen. Am oben beschriebenen Prinzip der Rekonstruktion des Bildes ändert sich jedoch nichts.

[0072] Um den zeitlichen Änderungen des Bildinhalts Rechnung zu tragen, können jedoch noch zusätzliche Arrays (mit der Größe des Bildarrays) erzeugt werden. Diese können Angaben enthalten über die

- Zeit, d. h. wann wurde ein Pixelwert zuletzt berechnet bzw. übertragen
- Berechnungsgrundlage. Welche übertragenen Pixel wurden zur Berechnung des Pixelwertes benutzt
- Wahrscheinlichkeit/Genauigkeit. Wurde ein Pixelwert übertragen oder berechnet; falls er berechnet wurde wie groß ist die Varianz der Pixelgruppen aus denen der neue Wert berechnet wurde?
- Abweichung von schon kalkulierten Pixelwerten mit dann übertragenden Pixelwerten

[0073] Aus diesen Größen lassen sich dann Bildregionen bestimmen in denen häufig Pixelgruppenänderungen vor-
 kommen. Benachbarte Pixelgruppen, oder auch komplette Bereiche werden in aller Regel ähnlichen Veränderungen,
 z. B. Helligkeitsänderungen, Farbänderungen unterliegen. Durch Auswertung dieser Änderungen lassen sich in aller Re-
 gel Objekte und ihr dynamisches Verhalten bestimmen, z. B. Gegenstand der sich im Video bewegt. Gleichmäßige Än-
 derungen bezogen auf das gesamte Bildarray können zum Beispiel auf einen Kameraswenk hinweisen. Werden diese
 Informationen z. B. mit Hilfe von lernfähigen neuronalen Netzen ausgewertet, lassen sich sehr leicht Abschätzungen
 über die Pixelwerte von noch nicht übertragenden Pixelgruppen machen. Treffen diese Abschätzungen zu, können Pixel-
 gruppen identifiziert werden, die besonderen Einfluss auf Veränderungen auf Objekte besitzen. Werden diese Pixelgrup-
 pen von der Quelle erneut angefragt, ist es möglich Objektbewegungen mit nur wenig Pixelgruppen genau zu bestimmen
 und vorherzusagen. In der Praxis bedeutet es, dass obwohl nur eine niedrige Bandbreite zur Verfügung steht, niedrige
 Verzögerungszeiten auftreten, die wesentlich geringer sind als bei Frame-basierten Verfahren. Die Auswertung der zu-
 sätzlich im Empfänger generierten Arrays erlaubt auch eine gute Objekterkennung.

[0074] In Abhängigkeit der verfügbaren Ressourcen können neben der reinen Priorisierung durch die Farbwerte be-
 nachbarter Pixel auch Abhängigkeiten der Lage der priorisierten Pixelgruppen herangezogen werden.

[0075] Ein Anwendungsfall soll dies verdeutlichen. Betrachtet man auf See einen Horizont, erscheint dieser wie eine
 waagerechte Linie. Es ist zu erwarten, dass die Prioritätswerte jeder Pixelgruppe entlang diesem Horizont in etwa gleich
 sind. In diesem Fall besitzen die am weitesten auseinander liegenden Punkte der Horizontlinie die größte Aussagekraft.
 Durch Übertragung der äußersten linken und äußersten rechten Pixelgruppen des Horizonts ist es schon möglich, diesen
 wieder zu rekonstruieren.

[0076] Eine weitere Möglichkeit der Priorisierung liegt in der Höherbewertung bestimmter Bildbereiche. Ein solcher
 Bildbereich können zum Beispiel Gesichter sein. Obwohl Gesichter auf Urlaubsvideos manchmal nur einen prozentual
 kleinen Bereich des gesamten Bildes ausmachen, stehen sie beim Betrachten meist im Mittelpunkt. Ein solches mens-
 chliches Sehverhalten kann durch entsprechende Priorisierung der Pixelgruppen dieser Bildbereiche (Gesichtsbereiche) be-
 rücksichtigt werden. Ebenso können die Pixelgruppen im Zentrum des Videos eine entsprechend höhere Priorisierung er-
 fahren.

[0077] Eine weitere Möglichkeit der Optimierung besteht in der Tatsache, dass sich benachbarte Pixelgruppen gegen-
 seitig überlagern. Durch geschickte Auswahl der Pixelgruppen kann vermieden werden, dass sich überlagernde Pixel-
 werte benachbarten Pixelgruppen wiederholt übertragen werden.

[0078] Der Aufwand der zum Dekodieren verwendet wird, ist frei skalierbar. Bei kleineren Displays (z. B. Handys) ist
 sicherlich weniger Rechenaufwand notwendig als die Wiedergabe auf einem hochauflösendem Großbildschirm, obwohl
 beide den gleichen Quelldatenstrom, bestehend aus den priorisierten Pixelgruppen, verwenden. Diese flexible Skalierung
 erlaubt es Herstellern von Endgeräten, spezielle Optimierungen, z. B. Anzahl der Objekte, Historie der Bildänderungen,
 in ihre Geräte einzubauen. Für die Hersteller ergibt sich eine Möglichkeit, sich von ihren Mitbewerbern abzuheben, ohne
 die Kompatibilität der Videoübertragung zu gefährden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Komprimierung von Videodaten, die aus einem Array einzelner Bildpunkte (Pixel) bestehen, wo-
 bei jedes Pixel (0-419) einen sich zeitlich verändernden Pixelwert aufweist, der Farb- oder Helligkeitsinformation
 des Pixels beschreibt, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
 - a) Ermitteln eines Prioritätswertes für jedes Pixel des Arrays durch Berechnen eines Pixeldifferenzwertes an-
 hand des jeweils momentanen Pixelwerts des Pixels in Bezug auf die momentanen Pixelwerte einer zuvor fest-
 gelegten Gruppe von benachbarten Pixeln;
 - b) Zusammenfassen der für die Berechnung des Prioritätswertes hinzugezogenen Pixel zu einer Pixelgruppe
 (P0-P4),
 - c) Sortieren der Pixelgruppen anhand ihres Prioritätswertes und Ablegen in einem Prioritätenarray; und
 - d) Abspeichern und/oder Übertragen der Pixelgruppen entsprechend ihrer Priorität im Prioritätenarray,
 wobei die Schritte a) bis d) ständig wiederholt werden, wobei die Prioritätswerte der Pixelgruppen stets neu ermit-
 telt werden und das Prioritätenarray zu jedem Zeitpunkt die nach aktuellen Prioritäten sortierten Pixelgruppen ent-
 hält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Pixeldifferenzwert sich aus der Differenz des Pi-
 xelwerts eines betrachteten Pixels zum Pixelwert jedes seiner betrachteten Nachbarpixel der Pixelgruppe ergibt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zu Beginn die Kenngrößen
 des Videobildes, wie Bildbreite in Pixel, Bildhöhe in Pixel und Form der verwendeten Pixelgruppe abgespeichert
 und/oder übertragen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Pixelgruppe die
 Position eines Bezugspixels (P0), dessen Pixelwert, sowie der Pixelwert der übrigen Pixel (P1-P4) der Pixelgruppe
 abgespeichert oder übertragen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Pixelgruppen bestimmter
 Bildbereiche eine erhöhte Priorität zugeordnet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pixelwerte der Pixel-
 gruppen durch Laufängencodierung oder andere Kompressionsverfahren weiter komprimiert werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die laufende Ermittlung
 und Ausgabe der nach Prioritäten sortierten Pixelgruppen bereits durch ein verwendetes bildaufnehmendes System,
 wie z. B. Scanner, CCD-Kamera, erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Framegrabber Karten
 (bzw. Softwarelösungen) eingesetzt werden können, um auch vorliegendes Videomaterial verschiedenster Formate
 (z. B. AVI, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, . . .) zu konvertieren.

9. Verfahren zur Rekonstruktion von Videodaten, die mit dem Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 8 komprimiert wurden, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweils eingelesenen Pixelwerte in Form eines Bildarrays dargestellt werden, wobei noch nicht übertragenden Pixel aus den schon übertragenen Pixeln berechnet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch die Schritte:

- a) Generieren eines leeren Bildarrays aus den eingelesenen Kenngrößen des komprimierten Videobildes,
- b) Kontinuierliches Einlesen der abgespeicherten bzw. übertragenen Pixelgruppen und Einfügen in das Bildarray,
- c) Bilden von Dreiecken durch Verbinden von jeweils drei unmittelbar benachbarter Pixelgruppen durch mindestens eine Linie,
- d) Ausfüllen der die Fläche der Dreiecke bildenden Pixel durch einen aus den das Dreieck bildenden Pixelgruppen berechneten Farb- und/oder Helligkeitsverlauf, und
- e) Wiederholen der Schritte b) bis e)

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dreiecke in ihrer Größe skalierbar und an unterschiedliche Bildauflösungen anpassbar sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Arrays erzeugt werden können, die Angaben enthalten über die:

- Zeit, d. h. wann wurde ein Pixelwert zuletzt berechnet bzw. übertragen,
- Berechnungsgrundlage, d. h. welche übertragenen Pixel wurden zur Berechnung des Pixelwertes benutzt,
- Wahrscheinlichkeit/Genauigkeit, d. h. wurde ein Pixelwert übertragen oder berechnet; falls er berechnet wurde, wie groß ist die Varianz der Pixelgruppen aus denen der neue Wert berechnet wurde,
- Abweichung von schon kalkulierten Pixelwerten mit dann übertragenden Pixelwerten.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der gemäß Anspruch 12 erzeugten Arrays, auf einfache Art Bewegungsprofile und Objekte erkannt werden können.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch Auswertung der Bewegungsprofile und Objekte flüssige Bewegungen mit extrem niedrigen Latenzzeiten, trotz niedrigster Übertragungsraten erzielt werden können.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 1

	p9	p1		p9	p1	p2		p9	p1	p2	p3				p1	p2	p3
	p2			p3				p4	p7						p8	p9	p4
				p4				p5		p8					p7	p6	p5
								p6			p9				p12		
															p11		
			p4					p8							p10		
	p3	p4	p1					p7				p9	p8	p7	p1	p2	p3
		p2			p6	p5		p1	p2						p4		
								p3							p5		
								p4							p6		
	p4		p1														
		p1						p8						p5			
	p3		p2					p4		p1							
									p1								
								p3			p2						
								p7				p6					

Fig. 2

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 3

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 5

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 7

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419

Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.